

На правах рукописи

Семакина Алсу Валерьевна

**КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА
ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА**

Специальность 25.00.36 – геоэкология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата географических наук

Казань - 2012

Работа выполнена на кафедре природопользования и геоэкологического картографирования географического факультета ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет».

Научный руководитель: доктор географических наук, профессор

Стурман Владимир Ицхакович

Официальные оппоненты: доктор химических наук, профессор

Тунакова Юлия Алексеевна

кандидат географических наук, доцент

Петухова Лариса Николаевна

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»

Защита диссертации состоится 17 мая 2012 г. в 15⁰⁰ на заседании диссертационного совета Д.212.081.20 в Казанском (Приволжском) федеральном университете по адресу: 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18, корп. 2, ауд. 1211.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

Автореферат разослан «_____» _____ 2012 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим отправлять по указанному адресу ученому секретарю диссертационного совета.

Ученый секретарь диссертационного совета,

кандидат географических наук, доцент

Хабутдинов Ю.Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Важная роль экологических факторов в современной экономике и политике порождает потребность в корректном и адекватном представлении соответствующей информации. Поскольку все экологические проблемы неотделимы от территорий, на которых они так или иначе проявляются, их конструктивное обсуждение и решение невозможно без соответствующих картографических материалов.

Атмосферный воздух среди компонентов окружающей среды характеризуется наибольшей динамичностью и в то же время наибольшей степенью воздействия на состояние здоровья населения. Особенности состояния атмосферного воздуха регионального уровня выявляются путем математического моделирования процессов переноса загрязняющих веществ в приземном слое, с сопоставлением измеренных и расчетных концентраций и (при необходимости) корректировкой расчетных методик и моделей. Отработка методики количественного картографирования экологической обстановки в крупном, экономически развитом районе пока не имеет аналогов и является одной из задач данной работы.

Исследование пространственного распределения характеристик загрязнения воздушной среды соответствуют пункту «Рациональное природопользование» Приоритетных направлений развития науки, технологий и техники Российской Федерации, а также пункту «Технологии мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы и гидросферы» Перечня критических технологий Российской Федерации (Утверждены Президентом Российской Федерации 21 мая 2006 г. Пр-842).

Определение качественных и количественных показателей состояния воздушного бассейна крупного региона России послужит базой для выработки основных направлений политики в области охраны здоровья населения на региональном и местном уровнях в целях снижению неблагоприятного влияния техногенных факторов на население, что отвечает требованиям Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 г., утвержденной Указом Президента РФ №537 от 12 мая 2009 г.

Объектом исследования диссертационной работы является атмосферный воздух территории Приволжского федерального округа РФ (ПФО).

Предмет исследования – пространственное распределение характеристик загрязнения атмосферного воздуха территории ПФО.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационного исследования является выявление и анализ тенденций пространственного распределения показателей качества атмосферного воздуха территории ПФО. Эта цель достигается путем решения следующих задач:

- анализ предшествующих исследований и выбор методов и моделей мелкомасштабного картографирования показателей качества атмосферного воздуха, наиболее отвечающих цели исследования;
- формирование базы данных по источникам загрязнения атмосферного воздуха территории ПФО;
- моделирование процессов переноса загрязняющих веществ и составление карты загрязнения атмосферного воздуха территории ПФО;
- исследование структуры атмосферных выбросов и условий их рассеяния на территории ПФО.

Исходная информация и методологическая основа. В работе использованы

данные государственного учета источников загрязнения атмосферного воздуха ПФО и прилегающих территорий и материалы государственного мониторинга состояния атмосферного воздуха. В общем виде в качестве источников загрязнения было учтено 139 населенных пунктов, расчет был выполнен для 12450 точек. Данные государственного учета передвижных источников загрязнения были дополнены натурными наблюдениями автора: для 37 точек наблюдения на междугородних автодорогах была определена интенсивность транспортного потока в обоих направлениях. Исследование базируется на разработках ведущих отечественных и зарубежных ученых в области моделирования и картографирования процессов загрязнения атмосферы: Ж.Р. Армайтида, Э.Ю. Безуглой, М.Е. Берлянда, В.А. Вишенского, А.С.Гаврилова, Б.Н. Маликова, В. Маркведа, Г.И. Марчука, В.А. Петрухина, А.Г. Руссела, Т.С. Селегей, В.С. Тикунова.

При обработке исходных данных использованы общепринятые математико-статистические методы и реализующие их программные средства.

Научная новизна. В рамках диссертационного исследования впервые разработана и реализована методика мелкомасштабного картографирования состояния атмосферного воздуха крупного региона России – Приволжского федерального округа. В пределах ПФО выделен ряд типов структуры выбросов, каждый из которых характеризуется специфическими особенностями уровня и состава загрязнения.

Положения, выносимые на защиту:

1. Применение адаптированной модели расчета рассеяния примеси позволяет картировать уровни атмосферного загрязнения в пределах крупного региона с детальностью и точностью, обеспечивающей удовлетворительную сходимость с результатами общегосударственного мониторинга.

2. На территории ПФО выявляется ряд ареалов повышенного загрязнения атмосферного воздуха: Самарский, Нижегородский, Нижнекамский, Центрально-Башкирский и Орско-Новотроицкий.

3. На основе анализа структуры атмосферных выбросов по регионам ПФО выделен ряд типов структур выбросов. Для городов ПФО предложена классификация по факторам и степени загрязнения атмосферы

4. Междугородние автодороги характеризуются узко локализованной, линейно вытянутой зоной воздействия. При этом наряду с интенсивностью транспортного потока, существенную роль в формировании повышенных значений комплексного индекса загрязнения атмосферы (КИЗА) играют климатические условия рассеяния и угол между трассой дороги и преобладающим направлением ветра.

5. Для эффективного экономического регулирования масштабов негативного воздействия на атмосферу возможно установление коэффициентов значимости экологической ситуации при расчете платы за выбросы загрязняющих веществ в зависимости от значений индекса загрязнения атмосферы.

Личный вклад автора в работу заключается в теоретическом, методическом и практическом решении задач исследования пространственно-временной динамики уровней загрязнения атмосферного воздуха территории ПФО. Автором выполнены наблюдения за объемами и структурой транспортных потоков по магистральным автодорогам ПФО, сформированы базы данных и разработаны алгоритмы их обработки; выполнены расчеты, составлены карты, проанализированы полученные результаты и сформулированы выводы диссертации.

Научно-практическая значимость работы. Разработанная в рамках диссертационной работы методика мелкомасштабного картографирования состояния

атмосферного воздуха крупного региона России может быть применена при решении подобных задач для других крупных регионов и территории России в целом. Результаты, полученные на основе предлагаемой методики, позволяют проводить дифференцированную оценку территории по состоянию атмосферного воздуха в целях оптимизации эколого-экономического регулирования путем дифференциации коэффициентов значимости экологической ситуации при расчете платы за выбросы загрязняющих веществ в зависимости от значений индекса загрязнения атмосферы.

Результаты работы использованы и используются в монографических работах и учебных пособиях, посвященных климатическим условиям и состоянию воздушного бассейна ПФО, Удмуртии, отдельных районов Удмуртии.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы были представлены на конференциях 6 российского (в т.ч. с международным участием) и 4 международного уровня: Международная научно-практическая конференция «Проблемы физической географии и геоэкологии: научные и образовательные аспекты» (Нижний Новгород, 2007), III Международная научная конференция «Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах», (Белгород, 2008), 3 международная конференция «Геоэкологические проблемы современности» (Владимир, 2010), Вторая всероссийская научно-практическая конференция «Экология и здоровье: проблемы и перспективы социально-экологической реабилитации территорий, профилактики заболеваемости и устойчивого развития» (Вологда, 2007), XXXIV итоговая студенческая научная конференция (Ижевск, 2006), XXXV итоговая студенческая научная конференция (Ижевск, 2007), Всероссийская научная конференция с международным участием «Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: новые методы и технологии исследований» (Казань, 2009), Всероссийская научно-практическая конференция, посвященная 45-летию кафедры географии УдГУ и 90-летию профессора Широбокова С.И. (Ижевск, 2009), Всеукраинской конференции с международным участием «Молодые ученые – географической науке», (Киев, 2009), Всероссийская конференция «Инновации в геоэкологии: теория, практика, образование» (Москва, 2010). Кроме этого, основные положения диссертационной работы были опубликованы в монографии «Климатические условия и ресурсы Республики Удмуртия» Казань: Казан. Гос. Ун-т, 2009. С. 188-203.

Публикации. По теме диссертации автором опубликовано 18 работ, в том числе 8 статей (3 в журналах из списка ВАК) и 10 тезисов докладов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы. Объем работы составляет 168 страниц машинописного текста, включая 16 таблиц, 26 рисунков и 9 приложений. Список использованной литературы насчитывает 120 наименований, в том числе 7 на иностранном языке.

Автор выражает благодарность научному руководителю – д.г.н., профессору, заведующему кафедрой природопользования и геоэкологического картографирования Удмуртского государственного университета (УдГУ) В.И. Стурману за поддержку на всех этапах выполнения исследований, а также сотрудникам географического факультета УдГУ за ряд ценных замечаний, высказанных в ходе обсуждения результатов работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность проблемы, формулируются цель и задачи, научная новизна и научно-практическая значимость исследования.

1. Анализ имеющейся литературы и карт

В результате анализа существующих карт состояния атмосферного воздуха (сведения систематизированы в табличной форме) сделаны следующие выводы:

1. При мелкомасштабном картографировании степени загрязненности атмосферы используются следующие способы картографических изображений: значки, картограммы, картодиаграммы, ареалы, изолинии.

2. Наиболее распространенным способом передачи пространственной информации о состоянии атмосферы (степень загрязненности атмосферы, способность атмосферы к самоочищению) является способ изолиний. В то же время, применение данного способа затрудняется необходимостью располагать значительным объемом пространственной информации.

3. Карты с применением способов картограмм и картодиаграмм довольно широко распространены, т.к. просты в создании и легки для восприятия. Однако поскольку существующие административно-территориальные границы не образуют барьеров для атмосферного переноса, представляется довольно условным осреднение пространственных показателей, характеризующих состояние одной из природных сред – атмосферы, по административно-территориальным единицам. Использование способа картограмм и картодиаграмм формирует географически некорректное представление о единице административно-территориального деления как однородном целом.

4. Применение однотипных цветовых шкал может привести к улучшению восприятия карты, если они используются для передачи одного и того же показателя, характеризующегося разной пространственной локализацией посредством различных способов картографического изображения и, наоборот, к снижению восприимчивости карты, если они используются для характеристики различных по смыслу показателей.

5. Применение ранговой оценки предоставляет возможность сопоставить масштабы негативного воздействия на атмосферный воздух (или условия рассеяния) внутри анализируемой территории, но не позволяет точно трактовать напряженность экологической ситуации и сопоставить ее с другими регионами.

6. Для повышения содержательности карты возможно составление двухплановых карт или использование карт – врезок.

Таким образом, исходя из сделанных выводов, для картографирования состояния атмосферного воздуха ПФО, были выделены следующие объекты и способы картографирования:

1. Комплексный индекс загрязнения атмосферы (КИЗА) – способ изолиний с применением цветовой шкалы;
2. Значения КИЗА вблизи автотрасс – способ линейных знаков;
3. Объемы выбросов и значения КИЗА по данным мониторинга – способ значков;
4. Потенциал загрязнения атмосферы – карта-врезка, способ изолиний.
5. Поингредиентные показатели загрязнения атмосферы – карта- врезка, способ изолиний.

Для получения множественных значений ИЗА автором был выбран метод математического моделирования. Проведен обзор моделей рассеяния примесей от

стационарных источников, которые использовались или используются сейчас на территории стран СНГ, Европейского сообщества, США. Все рассмотренные модели были классифицированы по трем принципам: объект исследования, используемая система координат, механизмы рассеяния, взятые за основу. Ряд рассмотренных моделей согласно данной классификации обладают гибридными свойствами.

По рекомендуемому применению, когда будут сведены к минимуму возможные погрешности, возникающие в ходе расчетов, все существующие модели рассеяния выбросов от стационарных источников были объединены в 3 группы:

1. Модели, проводимые на локальном уровне при постоянно функционирующем источнике:

- Модели расчета, носящие нормативный характер – оценка воздействия выбросов на близлежащие территории от конкретных источников.
- Расчеты, направленные на определение воздействия источников выбросов на население городов.

2. Расчеты, проводимые на локальном и региональном уровне, направленные на определение последствий залповых аварийных выбросов.

3. Расчеты, проводимые на региональном уровне и направленные на оценку дальнего и трансграничного переноса примеси от источников, процессов рассеяния, оседания и химического преобразования загрязняющих веществ (ЗВ). Снижение точности полученных результатов компенсируется осерднением по большой территории

Некоторые модели обладают значительной универсальностью в сфере применения, и в связи с этим были отнесены сразу к нескольким группам.

В целях проведения региональных исследований влияния выбросов от стационарных источников на состояние атмосферного воздуха, автором была выбрана методика, предложенная В.А. Петрухиным и В.А. Вишенским. Преимуществом данной модели перед моделями аналогичного рода, предназначенными для региональных исследований, является упрощенный вид учета параметров источника (в качестве источника загрязнения можно рассматривать населенные пункты). В тоже время наряду с упрощенным учетом характеристик источников выбросов, учитывается химическая активность примесей и метеопараметров переноса примеси в атмосфере. Простота расчета позволяет оценить влияние выбросов на состояние атмосферного воздуха в заданной точке множества источников на значительном удалении (до 1000 км).

В связи со спецификой автотранспортных потоков, как источника загрязнения, необходимо использовать специализированную модель расчета выделения и рассеяния ЗВ. При сравнении «Методики определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов» (далее «Методика...») и «Рекомендаций по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автодорог и мостовых переходов» (далее «Рекомендации...») был проведен расчет объемов выбросов от участка междугородней автодороги и получены следующие результаты:

- расчетный объем выбросов углеводородов получился больше в 1,6 раза при использовании «Рекомендаций по учету требований...», чем при расчете согласно «Методике определения выбросов...».

- для оксида углерода и оксидов азота более высокие значения получились при использовании «Методики...», чем «Рекомендаций...» (в 1,3 и 1,4 раза, соответственно). Для расчета ИЗА, сформированного выбросами от автотранспорта на дорогах вне населенных пунктов, на различном удалении от дорожного полотна была применена адаптированная модель Гауссова распределения примесей. Результаты представлены на рис. 1.

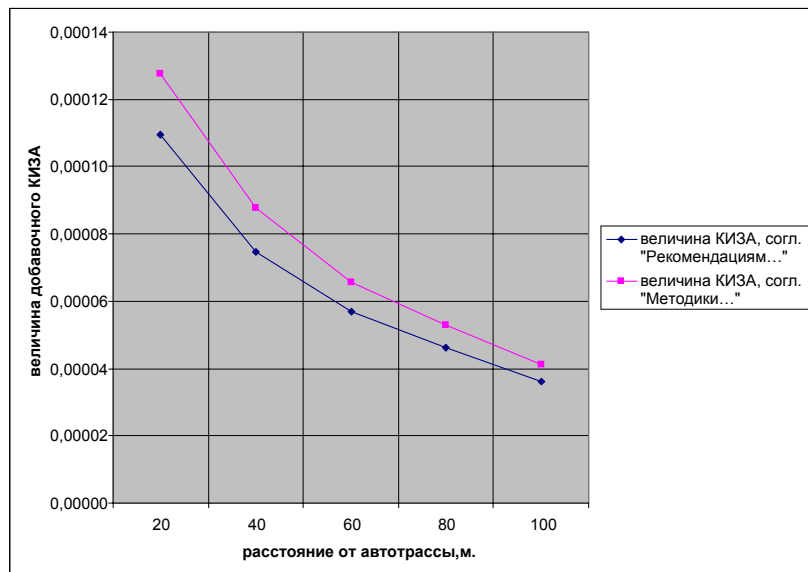


Рис.1 Графики значений КИЗА при удалении от кромки дорожного полотна согласно двум анализируемым методикам.

На основании полученных результатов были сделаны выводы:

1) Загрязнение атмосферного воздуха, сформированное выбросами автотранспортных потоков, характеризуется узкой локализацией. При отсутствии ветрового переноса максимальных значений величина добавочного КИЗА достигает в непосредственной близости от автотрассы уменьшается в 3 раза при удалении на расстояние до 100 метров.

2) Структура и объемы выбросов ЗВ от автотранспорта, полученные расчетным путем, в значительной степени зависят от выбора методики расчета.

3) При использовании «Методики...» значения добавочного КИЗА получились более высокие, чем при использовании «Рекомендаций...».

4) В качестве ведущего расчетно-нормативного документа была принята «Методика определения выбросов от автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов».

2. Расчет и картографическое представление загрязнения атмосферного воздуха территории ПФО от источников, локализованных в населенных пунктах

При составлении карты загрязнения атмосферного воздуха Приволжского Федерального округа необходимо использовать следующую информацию:

1. данные о масштабах негативного воздействия на атмосферный воздух территории ПФО и прилегающих регионов;
2. климатические данные о характере атмосферных процессов, влияющих на условия рассеяния;
3. картографическая основа.

В качестве основного источника информации о масштабах негативного воздействия в населенных пунктах были использованы Государственные (региональные и федеральные) доклады о состоянии окружающей природной среды. Поингредиентное обобщение предоставляемой информации, как правило, заключается в характеристике выбросов основных групп ЗВ: взвешенные вещества, диоксид серы, оксиды азота, оксиды углерода, предельные и непредельные углеводороды. В качестве основного вещества в группе «оксиды азота» взят диоксид азота, в группе «оксиды углерода» – монооксид углерода, в группе «предельные углеводороды» - метан, в группе «непредельные углеводороды» - бензол. Необходимо отметить, что специфика источников выделения взвешенных веществ в атмосферу (в основном неорганизованные площадные) делает невозможным объективный учет выбросов данных ЗВ, и как следствие построение карты полей концентраций. Опасность данных ЗВ определяется не столько особенностями производственной специализации территории, сколько распаханностью и залесенностью.

Согласно модели рассеяния примеси в атмосфере В.А. Петрухина и В.А. Вишенского концентрация загрязняющего вещества в заданной точке определяется при учете источников его эмиссии на расстоянии до 1000 км. Таким образом, для определения уровня загрязнения атмосферы на территории ПФО должны быть учтены выбросы от населенных пунктов, расположенных на его территории, а так же от крупных источников выбросов, расположенных на территории Южного, Северо-Кавказского, Центрального, Северо-Западного федеральных округов, Свердловской и Челябинской области, северо-западной части Казахстана (Западно-Казахстанская, Атырауская, Актыубинская области). Отказ от учета источников выбросов, расположенных на территории Западно-Сибирской равнины, основан на принятом автором допущении о незначительности их вклада в загрязнение атмосферы ПФО в связи с барьерной функцией Уральских гор в сочетании с преобладанием западного переноса воздушных масс.

Вся собранная информация о выбросах загрязняющих веществ и степени атмосферного загрязнения относится к периоду с 1999 по 2006 гг. В связи с тем, что расчет среднесезонных значений выбросов за данный период был невозможен из-за недостаточного объема информации, за базовый год, на основании данных которого была построена карта, был взят 2002 г. Необходимо отметить, что существенной проблемой применения Государственных докладов, как источника информации, является отсутствие единой системы сбора, обработки и предоставления информации, что влечет за собой существенные различия в объемах и качестве предоставляемых данных год от года и от региона к региону.

Многолетние данные о характере атмосферных процессов (высота слоя перемешивания и преобладающие направления ветра) были определены при помощи научно-справочные издания, публикуемые подчиненными, либо тесно сотрудничающими с Росгидрометом научными учреждениями. При этом недостающие данные о высоте слоя перемешивания были получены посредством интерполяции имеющихся значений для 23 населенных пунктов с построением карты высоты слоя перемешивания.

В качестве картографической основы была взята система границ административно-территориального деления и гидрографическая сеть (реки 1 и 2 порядка) карты

Приволжского федерального округа масштаба 1:1250000. Данная картографическая основа была получена посредством перевода изображения из растрового в цифровой вид с использованием программного продукта MapInfo Professional.

В качестве интегрального показателя загрязнения атмосферы был использован комплексный индекс загрязнения атмосферы. Для характеристики среднегодового загрязнения была использована модель, предложенная В.А. Петрухиным и В.А. Вишенским. Несложная формула позволила рассчитывать средние значения концентраций по слою перемешивания, исходя из допущения об их равномерном распределении в пределах этого слоя (1):

$$C = \sum_{i=1}^8 (4Q_i P_i / \pi R_i U H) * ((\tau U / R_i) + 1) \quad (1)$$

где:

C - средняя концентрация вещества (мг/м³) в слое перемешивания H ; P_i - повторяемость направления переноса в i -ом секторе (в долях единицы); Q_i - мощность источника загрязнения (тыс. т/год); R_i - расстояние от источника до контрольной точки (км); U - скорость ветра в слое перемешивания (км/сут.); H - высота слоя перемешивания (км); τ - время присутствия примеси в атмосфере, определяющееся интенсивностью процессов химической трансформации и осаждения (сут.).

Авторами данной методики применительно к условиям умеренного пояса Евразии были предложены следующие константы по времени присутствия примеси в атмосфере: $\tau = 120$ суток для оксида углерода, 5 суток для углеводородов и взвешенных частиц, 2 суток для диоксида серы и 0,7 суток для диоксида азота; $U = 400$ км/сут.

Опытным путем (перебор вариантов) определено, что удовлетворительная сходимость расчетных результатов с данными мониторинга получается при исключении участков территорий, удаленных от учтенных источников выбросов на расстояния более 5 км. Исходя из имеющихся данных о выбросах, был выполнен расчет по 5 загрязняющим веществам: оксид углерода, диоксид азота, диоксид серы, метан, бензол.

Повсеместное распространение источников, значительные объемы выбросов и продолжительное время присутствия в атмосфере сформировали предпосылки для равномерно повышенного по всей территории уровня загрязнения оксидом углерода.

Специфика образования оксидов азота (окисление атмосферного азота при высоких температурах) привела к формированию пяти основных ареалов загрязнения данной примесью: Нижнекамский, Самарский, Центрально-Башкирский нефтеперерабатывающие, Нижегородский многофункциональный и Орско-Новотроицкий металлургический.

Вследствие неоднородного распространения в пространстве источников выбросов диоксида серы, а также относительно непродолжительного времени присутствия в атмосфере (2 суток), сформировались характерные ареалы загрязнения: Нижегородский, Центрально-Поволжский, Нижнекамский и Уфимско-Орский.

Около 37% выбросов нелетучих углеводородов приходится на Пермский край. Особенностью их расположения является привязанность к газокompрессорным станциям, пунктам нефтедобычи и нефтепереработки. Для большей части территории расчет рассеяния выбросов летучих органических соединений (в перерасчете на бензол) показал отсутствие

превышений ПДК уже на расстоянии 5 км от источника выбросов по направлению преобладающего переноса.

На основании данных о концентрациях ЗВ в атмосферном воздухе, в дальнейшем были определены значения КИЗА в заданных точках.

Полученные результаты можно комментировать следующим образом:

- в малонаселенных районах, удаленных от значимых источников выбросов, в данном масштабе карты индексы загрязнения не превышают 2 и практически соответствуют природному фону.
- несколько более высокий фон (КИЗА от 2 до 5) формируется в пределах заселенной, экономически освоенной территории ПФО, в т.ч. близ таких городов, как: Оренбург, Саранск, Пенза, Ульяновск, Сызрань, Чебоксары, Чайковский, Чернушка, Куета, Чусовой (Пермский край).
- Повышенный уровень загрязнения (КИЗА до 10) характерен для восточно-башкирского, уфимского, орско-новотроицкого ареалов загрязнения и окрестностей гг.Казань, Ижевск, Киров и Кирово-Чепецк, Пермь, Балаково.
- Высокий уровень загрязнения (в центре ареала КИЗА более 10) имеет место на территории Нижнекамской, Самарской и Нижегородской промышленных зон, а так же близ г.Саратова.

Таким образом, можно отметить, что довольно разнообразная производственная специализация территории ПФО привела к формированию различных для каждого ЗВ ареалов загрязнения. В некоторых случаях имело место наложение их друг на друга, и как следствие выделение территорий с повышенным уровнем КИЗА. Тем не менее, каждая территория с повышенным КИЗА будет характеризоваться специфическим качественным составом загрязнения.

3. Расчет и картографическое представление загрязнения атмосферного воздуха территории ПФО от междугороднего автотранспорта. Для определения масштабов эмиссии ЗВ и уровней загрязнения, формирующихся вдоль междугородних автотрасс, были использованы методы математического моделирования.

Используемые при расчете выбросов значения интенсивности транспортного потока, определялись на основе натурных обследований, проведение которых осуществлялось по схеме, согласно существующим методикам и стандартам в период с мая по август 2004года. Схема расположения пунктов наблюдения приведена на рис. 2.

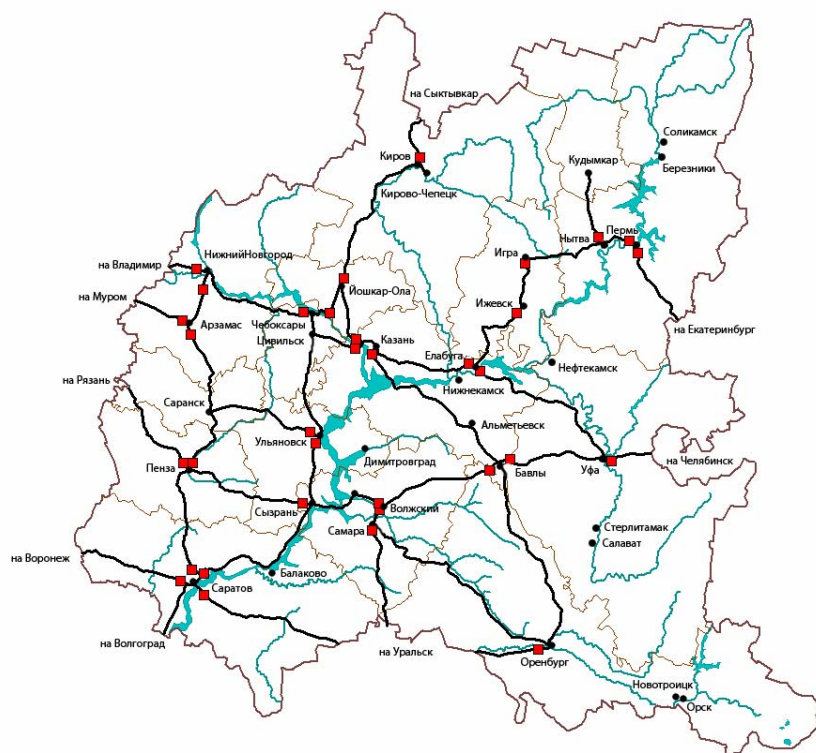


Рис.2. Схема расположения точек наблюдения за интенсивностью транспортного потока на междугородних автодорогах Приволжского федерального округа

Для характеристики дорог, на которых натурные замеры не проводились, был использован метод аналогов. Согласно СНиП 2.05.02-85 «Автодороги» при помощи коэффициента приведения выбросы от всех категорий автотранспорта были сведены к одному типу (легковой автомобиль). Необходимые для расчета рассеяния автотранспортных выбросов, характеристики скорости и преобладающего направления ветра были определены по ближайшим метеостанциям, согласно публикуемым научно-справочным изданиям.

Для расчета объемов эмиссии ЗВ от междугородних автотранспортных потоков была применена «Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов». Согласно данной методики, выброс i -го загрязняющего вещества M_{li} определялся по формуле (2):

$$q = (N_{kn} * m_{lik} * a) / l_n \quad (2)$$

где:

q - мощность эмиссии в воздушную среду ЗВ на конкретном участке дороги, г/км*час.

m'_{ik} – пробеговый выброс i -го загрязняющего вещества автомобилем k -й расчетной группы, г/км;

l_n – длина n -го перегона входного или выходного направления, км;

N_{kn} – интенсивность движения автомобилей k -й расчетной группы на n -ом перегоне входного и выходного направления, авт/час;

α - коэффициент выбросов ЗВ в зависимости от скорости движения.

Средняя скорость движения транспортного потока была принята равной 90 км/час.

Выброс ЗВ определялся для расчетного участка дороги длиной 1 км.

В дальнейшем, на основании полученных значений выбросов ЗВ от междугородних автодорог был произведен расчет рассеяния примеси. Расчет концентраций ЗВ был проведен для территорий, расположенных на удалении от кромки дорожного полотна на расстоянии 100 метров. В основу расчета была положена модель Гауссового распределения в атмосфере ЗВ, поступающих в атмосферу от автотранспорта, приведенная в «Рекомендациях по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автодорог и мостовых переходов» (3):

$$C = (2q / (\sqrt{2\pi} \cdot \sigma \cdot V \cdot \sin \varphi)) + F \quad (3)$$

где:

C - концентрация данного вида загрязнения в приземной части атмосферы, г/м³;

q - мощность эмиссии в воздушную среду ЗВ на конкретном участке дороги, г/м.с.;

σ - стандартное отклонение Гауссового рассеивания в вертикальном направлении,

м;

V - скорость ветра, преобладающего в расчетные месяцы летнего периода, м/с;

φ - угол, составляемый направлением ветра к трассе дороги. При угле от 90 до 30 градусов скорость ветра следует умножать на синус угла, при угле менее 30 градусов - коэффициент 0,5;

F - фоновая концентрация загрязнения воздуха, г/м³.

В дальнейшем, на основании полученных расчетным путем концентраций, автором были определены значения «добавочного» КИЗА, формируемого выбросами междугороднего автотранспорта. При этом, для группы ЗВ «оксиды азота» ПДК была взята для диоксида азота (как более строгая), а для группы углеводородов – для бензина. Таким образом, значения добавочного КИЗА, формируемого выбросами вблизи междугородних автодорог, были определены и показаны на рис.3 на основании учета концентраций 6 загрязняющих веществ: оксида углерода, диоксида азота, диоксида серы, бензина, формальдегида и бенз(а)пирена.

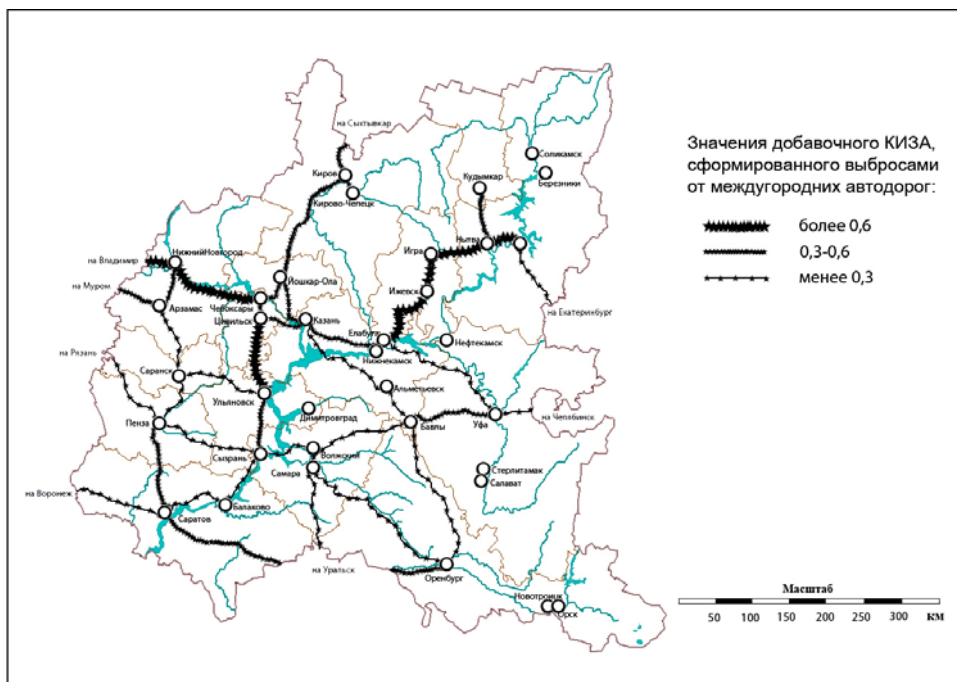


Рис. 3. Значения добавочного КИЗА, сформированного выбросами от автодорог.

Как видно из рис.3, наибольшие значения добавочного КИЗА (более 0,6) характерны для участков федеральной автодороги М-7 «Волга» п.Красная Горка – г.Нижний Новгород – г.Чебоксары и г.Елабуга – г.Пермь, участка автодороги г.Цивильск – г.Ульяновск. Для участков дороги «Волга» п.Красная Горка – г.Нижний Новгород – г.Чебоксары и автодороги г.Цивильск – г.Ульяновск ведущие роли в формировании добавочного КИЗА более 0,6 приходится на высокую интенсивность дорожного движения и малый угол между преобладающим направлением ветра к трассе. Необходимо отметить, что сонаправленность вектора трассы и преобладающего направления ветра в значительной степени ухудшает условия рассеяния.

Факторами формирования высоких уровней загрязнения для участка автотрассы г.Пермь – г.Елабуга, наряду с высокой интенсивностью транспортного потока и сонаправленностью преобладающих направлений ветра с вектором трассы, стали неблагоприятные метеорологические условия рассеяния (преобладающая скорость ветра и интенсивность солнечной радиации).

Значения добавочного КИЗА от 0,3 до 0,6 характеризуют: участки автотрассы М-7 «Волга» г.Чебоксары – г.Казань – г.Елабуга и автотрассы М-5 «Урал» г. Бавлы – г.Уфа; участков федеральных автодорог Р-175 г.Йошкар-Ола – г.Казань, Р-158 г.Нижний Новгород – г.Арзамас, г.Пенза – г.Саратов, отрезка дорог соединяющих г.Чебоксары – г.Йошкар-Ола – г.Киров, г. Арзамас – г.Муром, г.Саратов – г.Уральск, г.Оренбург – г.Уральск, г.Ульяновск-г.Сызрань. В большинстве случаев, данные участки дорог характеризуются относительно

невысокой интенсивностью транспортного потока, но неблагоприятными для рассеяния условиями.

Участки автодорог со значениями добавочного КИЗА менее 0,3, в целом характеризуются относительно невысокой интенсивностью дорожного движения и благоприятными условиями для рассеяния (скорость ветра, интенсивность солнечной радиации, угол между преобладающим направлением ветра и вектором трассы около 80 градусов). Исключение составили участки дорог г.Елабуга – г.Уфа – г.Аша, г.Бавлы – г.Самара, Г.Волгоград – г.Сызрань – г.Пенза, г.Сызрань – г.Саратов, где относительно высокая интенсивность дорожного движения компенсируется благоприятными условиями для рассеяния ЗВ.

4. Составление, верификация и анализ содержания карт загрязнения атмосферного воздуха территории ПФО. Анализ динамики объемов выбросов, как факторов атмосферного загрязнения показал, что за период с 1997 по 2007 гг. выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников снизились в 1,2 раза. Средние значения выбросов за данный период наиболее близки к значениям выбросов в 2002г. Распределение объемов выбросов внутри региона выглядит следующим образом: почти треть валовых выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников приходится на Оренбургскую область, еще до 45% – суммарно на Пермский край, Республику Башкортостан, Республику Татарстан и Самарскую область. Однако при анализе удельных выбросов (тонн/км² и тонн/чел) соотношение несколько изменяется. Так, к упомянутому выше списку присоединяется Удмуртская республика с удельными выбросами почти равными по значению выбросам на территории Оренбургской области (4,5 и 4,7 тонн/км², соответственно).

Неоднородность экономического развития, различная производственная специализация привела к формированию разных по структуре выбросов. В процессе анализа были выделены следующие типы структуры выбросов: *многокомпонентный транспортно-промышленный, нефтехимический, газотранспортный, металлургический*. Каждый тип структуры выбросов характеризуется определенными соотношениями между преобладающими веществами и, как следствие, специфическими особенностями уровня и структуры загрязнения.

При картографическом сложении характеристик состояния атмосферного воздуха, сформированных выбросами от стационарных и передвижных источников, преследовалась цель увеличения информативности карты за счет объединения характеристик в одном изображении. В качестве метода верификации и дополнения полученных расчетным путем значений КИЗА, на карту способом значков была нанесена имеющаяся информация об объемах выбросов и значениях КИЗА по данным мониторинга на территории городов. Для характеристики условий рассеяния и показа значений поингредиентных показателей загрязненности воздуха были применены карты-врезки с изолиниями и значками. Условия рассеяния примеси в атмосфере отражены через потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА). На территории Приволжского федерального округа, согласно Э.Ю. Безуглой, выделено 3 зоны ПЗА: умеренного (2,4-2,7), повышенного (2,7-3,0) и высокого (3,0-3,3). Таким образом, на рис.4 в одном картографическом изображении были объединены характеристики состояния атмосферного воздуха, факторы загрязнения и рассеяния:

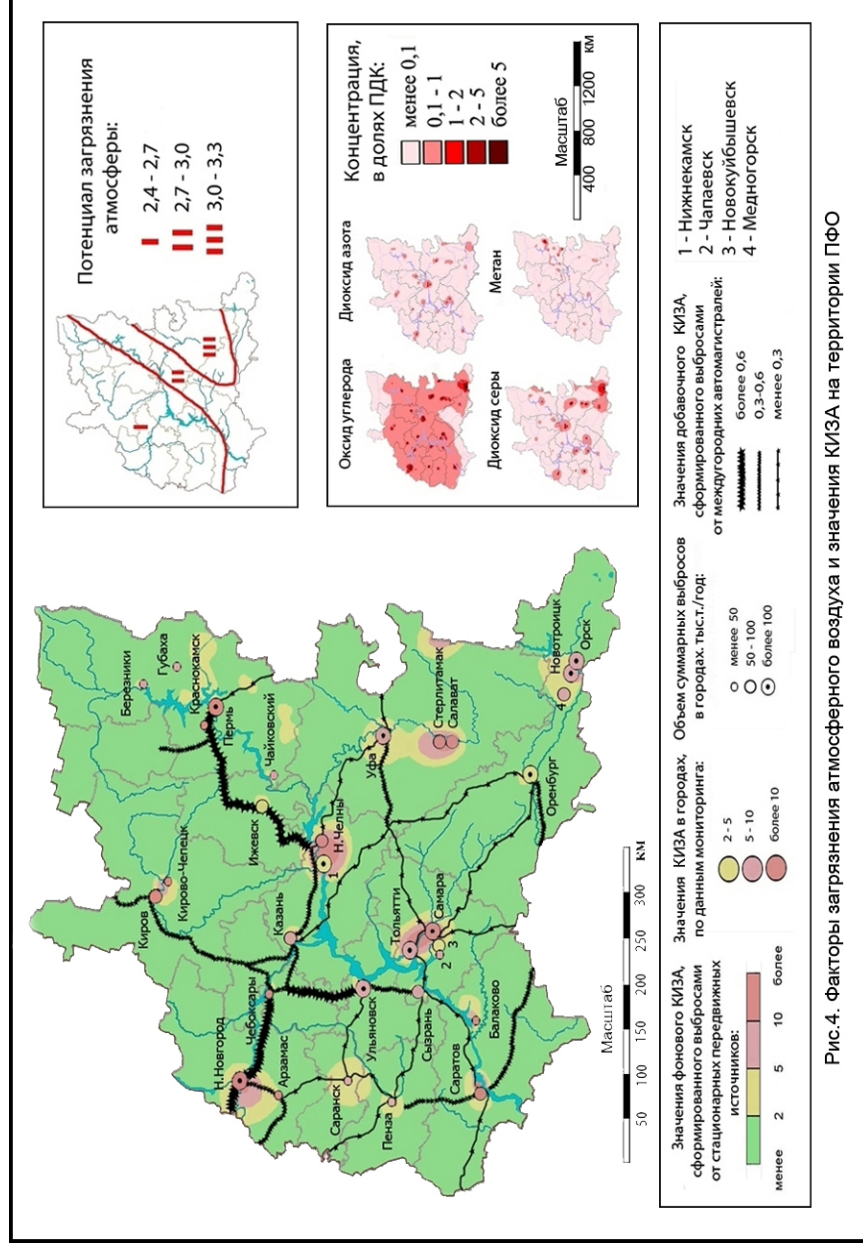


Рис.4. факторы загрязнения атмосферного воздуха и значения КИЗА на территории ПФО

В ходе анализа полученного картографического изображения появляется ряд актуальных вопросов: объективность использования модели рассеяния, роль природных факторов в формировании ареалов загрязнения атмосферы, возможность дальнейшего практического применения полученной информации.

Анализ карты (рис. 4) показал, что полученные путем моделирования значения КИЗА в большинстве случаев совпадают с данными мониторинга. Для 12 из 33 анализируемых населенных пунктов значения КИЗА, полученные расчетным путем совпадают с таковыми согласно данным мониторинга с погрешностью до 0,5. Еще для 5 городов расчетные значения КИЗА характеризуются незначительными отклонениями (в пределах 1,5). 8 населенных пунктов характеризуются расхождением расчетных значений КИЗА с КИЗА по данным мониторинга до 3. Значительные расхождения в значениях КИЗА отмечаются для гг. Киров, Кирово-Чепецк, Балаково, Чапаевск (до 5) и Арзамас, Краснокамск, Нижнекамск, Салават (до 14). Это объясняется тем, что основная доля в загрязнении атмосферы данных городов приходится на специфические ЗВ.

Для статистического подтверждения достоверности полученных результатов были использованы критерий χ^2 и определен ранговый коэффициент корреляции. При степени свободы 32 χ^2 полученный расчетным путем во много раз превышает χ^2 критический, что свидетельствует о достоверности полученных результатов. В свою очередь, коэффициент ранговой корреляции Спирмена Rs получился равным 0,55, что свидетельствует о средней тесноте связи. Данное значение превышает критическое значение коэффициента ранговой корреляции при степени надежности 0,999. Таким образом, данная связь характеризуется как высокая значимая корреляция.

Разделение на рис. 4 территории ПФО на зоны с различным ПЗА (по Безуглой Э.Ю.) связано с различной повторяемостью на разных участках погодных условий, препятствующих рассеянию ЗВ. Реализация природных предпосылок к формированию высоких уровней загрязнения, выражаемых показателем ПЗА, в значительной степени зависит от наличия, мощности и характера источников загрязнения. Так же, наряду с действием климатических и техногенных факторов на загрязнение воздушного бассейна населенного пункта влияют и другие факторы (близость к другим источникам загрязнения, орография местности и др.). Таким образом, для каждого города причинами формирования высокого уровня загрязнения могут становиться совершенно специфичные факторы. Тем не менее, вполне допустимой будет попытка классификации исследуемых населенных пунктов по принципу действия ведущих факторов и степени загрязнения атмосферы:

1. Города, где ведущая роль в загрязнении атмосферы принадлежит техногенным факторам (за характеристику техногенного воздействия приняты объемы выбросов):

А) Крупнейшие города, отличающиеся высокой насыщенностью автотранспортом, развитой промышленностью и значительными объемами выбросов (более 100 тыс.т./год) с разнообразной структурой. Высокие уровни КИЗА (более 9) формируются вне зависимости от величины ПЗА: Казань, Нижний Новгород, Пермь, Уфа, Самара. Город Казань отнесен к данной группе, исходя из численности населения, несмотря на то, что по данным 2001 г. он характеризовался относительно невысокими значениями КИЗА (5,3) и объемами выбросов.

Б) Города со сходными проблемами, но меньшими размерами воздействия на атмосферу, в зоне умеренного (Ижевск, Киров, Чебоксары, Пенза, Саранск, Ульяновск, Сызрань, Тольятти) и повышенного ПЗА (Оренбург). Характеризуются повышенными значениями КИЗА (в среднем от 5 до 8). Причинами формирования таких уровней КИЗА являются повышенные объемы выбросов (до 100 тыс.т/год).

2. Города, где условия рассеяния ЗВ во многом определяют высокие уровни загрязнения атмосферы (в качестве характеристики условий рассеяния использовался ПЗА):

А) Города, расположенные в зоне повышенного (гг.Саратов, Набережные Челны) и высокого ПЗА (гг.Салават, Стерлитамак), характеризующиеся относительно небольшими объемами выбросов, но повышенной их токсичностью, от предприятий химической и нефтехимической промышленности. В данных городах неблагоприятные условия рассеяния способствуют накоплению сравнительно небольших объемов выбросов (до 90 тыс.тонн/год), что приводит к формированию высоких уровней загрязнения (КИЗА более 9).

Б) Города со схожими источниками и структурой загрязнения, но меньшими объемами выбросов (до 50 тыс.тонн/год) и уровнями загрязнения (в среднем до 10). К таким населенным пунктам относятся гг.Березники, Губаха, Краснокамск, Чайковский, Балаково. Объединяющим фактором в данной группе является повышенные значения КИЗА (до 16,3 в г.Краснокамске), формируемые на фоне незначительных по объему выбросов от предприятий химической, металлургической промышленности и теплоэнергетики (в среднем около 20 тыс.т.), но расположенных в зоне умеренного и повышенного ПЗА.

В) Города, основная доля выбросов в которых представлена предприятиями черной и цветной металлургии, а в структуре выбросов преобладают оксид углерода и диоксид серы. Расположены в зоне повышенного ПЗА: Орск, Медногорск, Новотроицк. Несмотря на значительные объемы выбросов (от 74, 2 тыс.тонн/год в г.Медногорск до 177,3 тыс.тонн/год в г.Орск) и повышенный ПЗА, значения КИЗА по данным мониторинга не превышают 9,2 (г.Новотроицк) и в среднем варьируют в пределах 7. Это связано с низким классом опасности основного ЗВ— оксида углерода (за исключением г.Медногорска), и как следствие незначительным вкладом его в итоговые значения КИЗА.

3. Города, расположенные в зоне умеренного (гг.Кирово-Чепецк, Арзамас, Дзержинск, Кстово) и повышенного ПЗА (г.Чапаевск), но характеризующиеся наличием высокотоксичных выбросов от предприятий нефтехимической и химической промышленности. Населенные пункты из данного списка являются спутниками более крупных городов. Это приводит к суммации их выбросов с выбросами близлежащих населенных пунктов и формированию повышенных значений ИЗА.

4. Группа городов, где согласно данным мониторинга отмечаются невысокие уровни загрязнения (КИЗА до 4,6): Нижнекамск, Новокуйбышевск. В тоже время, данные населенные пункты характеризуются значительными объемами выбросов (от 60 до 125 тыс.т/год), повышенными ПЗА. Таким образом, для данных городов действуют неучтенные факторы рассеяния. Вероятнее всего предположить фактор благоприятного пространственного расположения источников загрязнения. Необходимо отметить что в гг.Нижнекамск и Новокуйбышевск промышленная зона отнесена от жилой с подветренной стороны, так что повторяемость ветров с неблагоприятным направлением (когда выбросы от крупных предприятий попадают в жилую зону) минимальна (12% - для Новокуйбышевска и 7% - для Нижнекамска).

Таким образом, различия в уровнях атмосферного загрязнения определяются как факторами техногенного характера, так и климатическими условиями рассеяния. Для разных территорий и городов ведущими могут выступать как первые, так и вторые факторы. Это положение необходимо учитывать при проектировании новых производств и установлении экономических методов регулирования по снижению объемов выбросов на уже существующих производствах.

Проанализированная в предыдущем разделе региональная модель свидетельствует о высокой степени дифференциации уровней загрязнения атмосферного воздуха на

территории ПФО и в т.ч. о концентрации атмосферных загрязнений в городах и на прилегающих к ним территориях. Индексы загрязнения атмосферы – прямая характеристика степени остроты атмосферных проблем, отражающая как объемы эмиссии, так и рассеивающую способность атмосферы, наряду с продолжительностью присутствия примесей. Основываясь на концепции эколого-хозяйственного баланса территории, примем за основу увязку средних значений показателей напряженности экологической обстановки и эколого-экономических параметров. Тогда среднее значение коэффициента экологической ситуации - КЭС (1,67) должно соответствовать среднему значению индекса загрязнения атмосферы 9,44, или в общем виде (4):

$$\text{КЭС} = 0,177 \times \text{КИЗА} \quad (4)$$

Тогда для города с наиболее высоким значением КИЗА – Нижнего Новгорода значение КЭС составит примерно 2,8. При этом для значений КИЗА не превышающих 5 (низкий уровень загрязнения) КЭС следует принять равными единице. Возможна разработка порядка определения значений КЭС по осредненным данным, например за 5 лет. Предлагаемое изменение порядка установления КЭС сделает их более обоснованными, создаст дополнительный стимул для природоохранных мероприятий, поднимет значимость государственного мониторинга загрязнения атмосферного воздуха.

Заключение

В заключении подведены итоги и сформулированы основные выводы из проведенных исследований. Автором были проанализированы предшествующие исследования в области картографирования, на основе чего было сформировано оптимальное содержание картографического изображения, отвечающее цели исследования. В процессе анализа математических моделей, позволяющих осуществить расчет рассеяния примеси в атмосфере, была выбрана оптимальная, позволяющая решить поставленные задачи. Для реализации расчета рассеяния была сформирована база данных, характеризующая масштабы негативного воздействия и уровни загрязнения на территории ПФО и прилегающих регионов. Проведенное в рамках диссертационной работы исследование позволяет сделать следующие выводы:

1. Расчет по математической модели В.А. Петрухина и В.А. Вишенского позволяет картировать уровни атмосферного загрязнения в пределах крупного региона с детальностью и точностью, обеспечивающей удовлетворительную сходимость с результатами общегосударственного мониторинга. Применение данной модели оправдано при расчете рассеяния выбросов ЗВ для больших территорий, но дает сбой при определении уровня загрязнения на расстоянии до 5 км от источника. Достоверность полученных результатов подтверждается при сопоставлении их с данными мониторинга.

2. На основе анализа структуры атмосферных выбросов по регионам ПФО выделены следующие типы структур выбросов: многокомпонентный транспортно-промышленный, нефтехимический, газотранспортный, металлургический. Каждый тип структуры выбросов характеризуется определенными соотношениями между преобладающими веществами и, как следствие, специфическими особенностями уровня и структуры загрязнения. Многокомпонентный транспортно-промышленный тип выбросов характеризуется широким спектром ЗВ, с преобладанием оксида углерода (в среднем около 24%). Данный тип представлен в Кировской, Нижегородской, Пензенской и Ульяновской

областях. Нефтехимический тип структуры атмосферных выбросов характеризуется преобладанием непредельных углеводородов (в среднем 42%) и оксида углерода (в среднем 18%). Выбросы нефтехимического типа представлены на территории Самарской области, республик Башкортостан и Татарстан. Газотранспортный тип структуры атмосферных выбросов характеризуется преобладанием предельных углеводородов (ряда метана) – в среднем 41% и оксида углерода – в среднем 26%. Территориально данный тип структуры атмосферных выбросов относится к следующим регионам: Пермский край, Саратовская область, республики Удмуртия, Мордовия, Марий Эл. Металлургический тип структуры выбросов был выделен отдельно для Оренбургской области в связи с уникальностью производственной специализации данной территории на фоне остальных регионов ПФО. Особенностью структуры выбросов данного типа является значительная доля оксидов углерода (48%) и серы (27%). В тоже время, несмотря на отнесение к тому или иному типу структуры выбросов каждый регион ПФО характеризуется отличным от других специфическим набором выделяемых в атмосферу ЗВ, связанным с особенностями его производственной специализации.

3. Различия в уровнях загрязнения атмосферного воздуха городов ПФО определяются как факторами техногенного характера, так и климатическими условиями рассеяния. Выделен ряд типов городов, в которых ведущая роль в загрязнении атмосферы принадлежит различным факторам: крупнейшие города, отличающиеся высокой насыщенностью автотранспортом, с развитой промышленностью и значительными объемами разнообразных по составу выбросов; города, со сходными проблемами, но меньшими масштабами воздействия на атмосферу; города, где малоблагоприятные условия рассеяния загрязняющих веществ во многом определяют высокие уровни загрязнения атмосферы; города, основная доля выбросов в которых представлена предприятиями черной и цветной металлургии, а структура выбросов - оксидом углерода и диоксидом серы; города, характеризующиеся наличием значительных объемов выбросов специфических веществ от предприятий нефтехимической и химической промышленности.

4. Междугородние автодороги характеризуются узко локализованной зоной воздействия, вытянутой линейно. Наиболее высокие значения КИЗА отмечаются для федеральных автотрасс, характеризующихся максимальной насыщенностью потока. В то же время, в отдельных случаях, наряду с факторами поступления важную роль в формировании тех или иных уровней загрязнения атмосферы, выполняют условия рассеяния ЗВ. Повышению уровня загрязнения способствует совпадение направлений дороги и преобладающих ветров.

5. На территории ПФО выявляется ряд ареалов повышенного загрязнения атмосферного воздуха: Самарский, Нижегородский, Нижнекамский, Центрально-Башкирский и Орско-Новотроицкий. Так же значения КИЗА до 10 характерны для территорий прилегающих к гг. Оренбург, Магнитогорск, Саратов, Казань, Киров, Балаково. Каждый ареал загрязнения характеризуется специфической структурой ЗВ.

6. Для эффективного экономического регулирования масштабов негативного воздействия на атмосферу возможно установление коэффициентов значимости экологической ситуации при расчете платы за выбросы загрязняющих веществ в зависимости от значений индекса загрязнения атмосферы, полученного по материалам мониторинга или при помощи моделирования. Данные коэффициенты в настоящее время устанавливаются исходя из административных границ, что не всегда отражает реальную экологическую обстановку в пределах территории.

Список публикаций по теме диссертации

В ведущих научных журналах, рекомендуемых ВАК РФ:

Габдуллин В.М., Семакина А.В. Моделирование загрязнения атмосферы над территорией Приволжского федерального округа // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. 2010, вып. 2. С. 3-10.

Гагарина О.В., Семакина А.В., Стурман В.И. К характеристике экологической обстановки в Можгинском районе Удмуртской Республики // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. 2010, вып. 4. С. 3-9.

Габдуллин В.М., Семакина А.В. Построение карты количественных характеристик загрязнения атмосферного воздуха (на примере Удмуртской Республики) // Экология промышленного производства, №2 2011. С. 21-26.

В других изданиях:

Семакина А.В. Составление и анализ комплексной экологической карты Приволжского федерального округа // Тезисы докладов XXXIV итоговой студенческой научной конференции. Апрель 2006 года. Ижевск, 2006. С. 165-166.

Семакина А.В. К разработке отдельных слоев экологической карты Приволжского федерального округа // Вестник Удмуртского университета, №11, 2006. С. 147-158.

Семакина А.В. Картографирование экологической обстановки на территории Приволжского федерального округа // Проблемы физической географии и геоэкологии: научные и образовательные аспекты. Материалы международной научно-практической конференции. Нижний Новгород: Деловая полиграфия, 2007. С. 229- 232.

Семакина А.В. Составление комплексной экологической карты Приволжского федерального округа. // Тезисы докладов XXXV итоговой студенческой научной конференции. Апрель 2007 года. Ижевск, 2007. С. 96-97.

Семакина А.В. Особенности учета влияния междугородной автотранспортной сети на атмосферное загрязнение // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. 2008, вып. 1. С. 25-30.

Семакина А.В. Влияние выбросов междугородних автомагистралей на состояние атмосферы // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах. Материалы III Международной научной конференции. Ч. 2. Экологические проблемы и ситуации. Белгород, 2008. С. 106-109.

Габдуллин В.М., Семакина А.В., Шкляев М.Е. Оценка состояния атмосферного воздуха Удмуртской Республики // Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: новые методы и технологии исследований. Труды всероссийской научной конференции с международным участием. Т. 3. Казань, 2009. С. 52-57.

Габдуллин В.М., Семакина А.В. Особенности расчета атмосферного загрязнения // Всероссийская научно-практическая конференция, посвященная 45-летию кафедры географии УдГУ и 90-летию профессора Широкова С.И. Ижевск, 2009. С. 52-57.

Габдуллин В.М., Семакина А.В., Шкляев М.Е. Моделирование распределения примесей в атмосфере (на примере Удмуртской Республики) // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. 2009, вып. 1. С. 117-126.

Стурман В.И., Габдуллин В.М., Гагарин С.А., Семакина А.В. Загрязнение воздушного бассейна // Климатические условия и ресурсы Республики Удмуртия. Казань: Казан. Гос. Ун-т, 2009. С. 188-203

Габдуллин В.М., Семакина А.В. К особенностям моделирования атмосферного загрязнения // Молодые ученые – географической науке. Сборник научных трудов всеукраинской конференции с международным участием. Киев, 2009. С. 202-204.

Стурман В.И., Гагарина О.В., Семакина А.В. Экологическое состояние окружающей среды // Можгинскому району 80 лет. Природные условия и экология. Ижевск: КнигоГрад, 2010. С. 144-154.

Семакина А.В. Особенности картографирования загрязнения атмосферы// «Геоэкологические проблемы современности: Доклады 3-й международной конференции». Владимир, 23-25 сентября 2010г. / Под ред. И.А.Карловича: Владимир, ВГГУ. 2010. С. 440.

Семакина А.В. Особенности учета климатической составляющей загрязнения атмосферы // Инновации в геоэкологии: теория, практика, образование. М., 2010. С. 233-238.

Семакина А.В. Количественное картографирование экологических проблем в Приволжском федеральном округе // «Экология и здоровье: проблемы и перспективы социально-экологической реабилитации территорий, профилактики заболеваемости и устойчивого развития». Материалы второй всероссийской научно-практической конференции, 24-26 мая 2007г. Вологда, 2007 С.213-214.

Подписано в печать __.____.2012 г.

Печать офсетная. Тираж 100 экз. Заказ №____.

Отпечатано в типографии Удмуртского государственного университета
426034, г. Ижевск, ул. Университетская, 1, корп. 4